Medicina Intensiva xxx (xxxx) 502140

medicina intensiva

http://www.medintensiva.org/

CARTA CIENTÍFICA

Gasometría y altitud: investigación de los rangos de normalidad en Quito, Ecuador (2.850 m sobre el nivel del mar)

Gasometry and altitude: investigation of normal ranges in Quito, Ecuador (2,850 m above sea level)

Sr. Editor,

La hipoxia hipobárica, consecutiva a la altitud, disminuye la presión arterial parcial de oxígeno (PaO_2)[1]. La gasometría arterial es fundamental para el diagnóstico de la insuficiencia respiratoria aguda (IRA), forma parte de la puntuación de la escala de gravedad SOFA y, junto al hematocrito (Hto), de la APACHE II. Se considera IRA cuando, respirando en reposo, vigilia y con una presión barométrica (PB) próxima a los 760 mmHg, la PaO_2 es menor de 60 mmHg y la saturación arterial de oxígeno ($SatO_2$) inferior al 90%.

Quito está situada a 2.850 m, y en sus Unidades de Cuidados Intensivos tratan a pacientes con IRA. Pese a ello, los reportes de valores gasométricos que deben ser considerados normales en esas altitudes son inexistentes o muy escasos y muestran unas PaO_2 próximas o inferiores a 60 mmHg[2,3]. En base a los pocos datos existentes, una reciente publicación en *Medicina Intensiva* comentaba la necesidad de conocer los valores gasométricos considerados normales en diferentes altitudes[4].

El objetivo de este estudio ha sido conocer los valores normales de la gasometría arterial, especialmente la PaO_2, y del Hto en una población situada a 2.850 m.

Se trata de una prueba de concepto que se llevó a cabo mediante un estudio observacional, descriptivo y transversal en voluntarios sanos, durante el primer semestre del año 2024 en el Centro de Investigación Clínica Hospital Pablo Arturo Suárez, Quito-Ecuador (2.850 m, PB 547 mmHg).

Los criterios de inclusión fueron: a) sujetos con edad entre 25 y 50 años; b) residencia en Quito permanente mayor de un año; c) aceptación voluntaria a participar en el estudio; d) sujeto sano: adulto no fumador, sin medicación alguna, sin enfermedad cardiovascular, pulmonar o hematológica. Los criterios de exclusión fueron: a) sujeto no sano; b) antecedentes laborales que repercutan en el ámbito respiratorio, sintomatología respiratoria, índice masa corporal > 30, deformidades anatómicas torácicas y/o tratamientos que alteren la ventilación alveolar o influyan en el pH o el bicarbonato (HCO_3).

La muestra de sangre arterial radial se extrajo en extremidad superior no dominante siguiendo el protocolo del hospital. El análisis se realizó en un gasómetro GEM Premiere 5000 con sistema Intelligent Quality Management (iQM2), calibrado a una presión barométrica de 547 mmHg (PB de Quito). Este analizador también determina el Hto. La extracción la realizó personal experto y la muestra se procesó inmediatamente.

Las variables estudiadas fueron: edad, género (masculino o femenino), Hto, lactato, pH, PaO_2, presión arterial parcial de CO_2 ($PaCO_2$), $SatO_2$ y HCO_3. Se utilizó la prueba de Kolmogórov-Smirnov para comprobar la distribución. Los estimadores de tendencia central y dispersión fueron la mediana y los rangos intercuartílicos, respectivamente. Se calculó la media con la desviación estándar (DE) y los intervalos de confianza del 95% (IC 95%). Ante diferencias importantes de medianas y rangos intercuartílicos, se aplicaron pruebas no paramétricas de diferencia de medianas y contraste de hipótesis, considerando que un valor de $p < 0,05$ era significativo estadísticamente. El análisis estadístico se realizó en el software SPSS, versión 23.

Antes de comenzar el estudio se solicitó por escrito su aprobación por el Comité de Ética del Hospital. Una vez obtenida la aprobación, a los participantes en el estudio se les informó sobre el mismo y todos dieron su conformidad al consentimiento informado. Los participantes con analfabetismo lo hicieron verbalmente.

En total fueron incluidos 66 pacientes, el 50% fueron hombres y el 50% mujeres.

En la tabla 1 y tabla 2 se muestran las medias ± DE, medianas con sus rangos intercuartílicos y el IC 95%. Las mayores diferencias de rango se dieron en las variables PaO_2, $SatO_2$ y Hto. Estas variables se contrastaron para determinar si había asociación con el género, como causa de esta variabilidad. El valor de p fue significativo para la PaO_2 ($p = 0,027$) y para el Hto ($p = 0,000$).

Los resultados son concordantes con otros estudios realizados en altitudes similares, pero no coinciden cuando la altitud es distinta[3,4]. Se comenta, por inesperada y excepcional, la significación encontrada en el género.

La PaO_2 fue superior y significativa en el género femenino. En un estudio realizado en Ciudad de México (2.240 m) con 217 sujetos sanos (48% mujeres)[5], no se encontró esta

https://doi.org/10.1016/j.medin.2025.502140
0210-5691/© 2025 Elsevier España, S.L.U. y SEMICYUC. Se reservan todos los derechos, incluidos los de minería de texto y datos, entrenamiento de IA y tecnologías similares.

Cómo citar este artículo: J.L. Vélez-Páez, C. Castro-Bustamante and M.L. Avellanas-Chavala, Gasometría y altitud: investigación de los rangos de normalidad en Quito, Ecuador (2.850 m sobre el nivel del mar), Medicina Intensiva, https://doi.org/10.1016/j.medin.2025.502140

SHOUT
SHARE
IT

Tabla 1 Medianas de cada una de las variables estudiadas con sus rangos intercuartílicos

Variable	Media ± DE	Mediana	Rango IQ	IC95%
Edad total (años)	32,6 ± 6,6	34	29,2-36,7	27-46
Edad Hombres	33,6 ± 6,8	31	29-36	27-46
Edad Mujeres	32 ± 6,1	30	28-34	26-42
pH	7,43 ± 0,03	7,43	7,41-7,45	7,37-7,49
PaO_2 (mmHg)	74,27 ± 8,58	75	67,9-80	57,11-91,43
$PaCO_2$ (mmHg)	30,29 ± 3,48	30,6	27,7-32,4	23,33-37,35
HCO3 (mmHg)	20,33 ± 1,83	20,2	18,8-21,7	16,67-23,99
$SatO_2$ (%)	94,40 ± 2,32	95	93-96	89,76-98,04
Lactato (mmol/L)	1,06 ± 0,68	1	0,57-1,4	0,9-1,24
Hematocrito	44,09 ± 6,6	45,4	37,2-50	32-54

DE: derivación estándar; HCO_3: bicarbonato; IC 95%: intervalo de confianza de 95%; mmHg: milímetros de mercurio; mmol/L: milimol por litro; $PaCO_2$: presión arterial de dióxido de carbono; PaO_2: presión arterial de oxígeno; pH: potencial hidrógeno; $SatO_2$: saturación arterial de oxígeno.

Tabla 2 Diferencia mediana entre PaO_2 y hematocrito

	Sexo		
Variable	Masculino	Femenino	p-valor
PaO_2 (mmHg)	72,27	76,24	0,027
Hematocrito (%)	48,40	39,80	0,000

PaO_2: presión arterial de oxígeno.

significación. Se ha descrito relación entre las hormonas ováricas y la altitud. En la premenopausia, la oxigenación es mejor y los niveles de hemoglobina menores[6]. Esta podría ser una posible explicación, ya que la edad media de las mujeres en el estudio de México fue de 43,5 ± 14,4 años[5]. Otra publicación[7], sobre un estudio realizado a 2.640 m, con 374 adultos sanos donde el 55% eran mujeres, encontró un resultado similar al estudiado. En este estudio, el grupo de mujeres con edades comprendidas entre 18 y 30 años tuvieron una PaO_2 superior a los hombres y posteriormente fue descendiendo con la edad.

El Hto ha sido significativamente inferior en el género femenino. Un estudio realizado en Quito con 2.613 muestras de biometría hemática, donde el 46,4% de las personas estudiadas correspondían al género femenino, ya encontró esta diferencia[8]. La explicación también puede tener una base hormonal. Las hormonas ováricas mitigan la producción de hemoglobina en la altitud[9]. Un estudio realizado sobre los parámetros hematológicos en la altitud demostró que las mujeres tibetanas posmenopáusicas tenían valores de hemoglobina más altos que las mujeres premenopáusicas[9]. El resultado de la mediana de edad del grupo estudiado descarta que hubiera mujeres posmenopáusicas.

La principal limitación, al tratarse de una prueba de concepto, es el tamaño muestral. La mayor fortaleza y originalidad está en el grupo estudiado, equitativo en el género y en la edad. No obstante, aunque con menos personas se han establecido intervalos de referencia[10], está previsto hacerlo en un estudio más numeroso que, además, valide estos resultados.

Concluyendo, los valores de la PaO_2, a la altitud estudiada, concuerdan con los establecidos para altitudes similares y difieren cuando la altitud es inferior o superior. Las significaciones encontradas en el género han sido un resultado no previsto y, como tal, debe tomarse con mucha precaución hasta ser investigado más ampliamente.

Contribución de los autores

Jorge Luis Vélez-Páez: concepción, diseño, recopilación de datos, análisis e interpretación de los datos y redacción del borrador del artículo, y aprobación definitiva de la versión que se presenta.

Christian Castro-Bustamante: recopilación de datos, revisión del artículo y aprobación definitiva de la versión que se presenta.

Manuel Luis Avellanas-Chavala: concepción, diseño, análisis e interpretación de los datos y redacción del borrador del artículo, y aprobación definitiva de la versión que se presenta.

Financiación

Este trabajo no ha recibido ningún tipo de financiación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Avellanas Chavala ML. Un viaje entre la hipoxia de la gran altitud y la hipoxia del enfermo crítico: ¿qué puede enseñarnos en la compresión y manejo de las enfermedades críticas? Med Intensiva. 2018;42:380–90, http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2017.08.006.
2. Villacorta-Cordova F, Carrillo-Coba E, Zubia-Olaskoaga F, Tinoco-Solórzano A. Comparación de los valores normales de gases arteriales entre la altitud y el nivel del mar del Ecuador. Rev Med Intens Cuid Crítico. 2020;13:88–91. https://revista.sopemi.org.pe/index.php/intensivos/article/view/58
3. Tinoco-Solórzano SA, Nieto VH, Vélez-Páez JL, Molano D, Viruez-Soto A, Villacorta-Córdoba F, et al. Medicina intensiva en la altitud. Revisión de alcance. Rev Med Intens

Cuid Críticos. 2020;13:218–25. https://revista.sopemi.org.pe/index.php/intensivos/article/view/82.
4. Avila-Hilari A, Tinoco-Solórzano A, Vélez-Páez J, Molano J, Montelongo D, Avellanas-Chavala FJML. Síndrome de distrés respiratorio agudo en la altitud: consideraciones sobre el diagnóstico y tratamiento. Med Intensiva. 2024;48:546–54, http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2024.04.006.
5. Cid-Juárez S, Téllez-Navarrete NA, Bautista-Bernal A, León-Gómez P, Salas-Escamilla I, Gochicoa-Rangel L, et al. Arterial Blood Gases in Normal Subjects at 2240 Meters Above Sea Level: Impact of Age, Gender, and Body Mass Index. Rev Invest Clin. 2023;75:29–36, http://dx.doi.org/10.24875/RIC.22000281.
6. León-Velarde F, Rivera-Chira M, Tapia R, Huicho L, Monge CC. Relationship of ovarian hormones to hypoxemia in women residents of 4,300 m. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2001;280:R488–93, http://dx.doi.org/10.1152/ajpregu.2001.280.2.R488.
7. Gonzalez-Garcia M, Maldonado D, Barrero M, Casas A, Perez-Padilla R, Torres-Duque CA. Arterial blood gases and ventilation at rest by age and sex in an adult Andean population resident at high altitude. Eur J Appl Physiol. 2020;120:2729–36, http://dx.doi.org/10.1007/s00421-020-04498-z.
8. Sáenz K, Narváez L, Cruz M. Valores de referencia hematológicos en población altoandina ecuatoriana, empleando un analizador SYSMEX XE-2100®. Rev Fac Cien Med (Quito). 2009;34:31–40.
9. Wu T, Wang X, Wei C, Cheng H, Wang X, Li Y, et al. Hemoglobin levels in Qinghai-Tibet: different effects of gender for Tibetans vs Han. J Appl Physiol (1985). 2005;98:598–604, http://dx.doi.org/10.1152/japplphysiol.01034.2002.
10. Leal-Noval SR, Cuenca DX, Díaz A, Fernández-Pacheco J, García-Garmendia JL, Casado M. Whole Blood Platelet Aggregation Assessed by ROTEM Platelet Equipment in Healthy Volunteers from Southern Europe: A Verification Study. J Appl Lab Med. 2023 May 4;8:551–8, http://dx.doi.org/10.1093/jalm/jfad008.

Jorge Luis Vélez-Páez[a,b,c], Christian Castro-Bustamante[a] y Manuel Luis Avellanas-Chavala[c,d,*]

[a] *Unidad de Terapia Intensiva, Hospital Pablo Arturo Suárez, Quito, Ecuador*
[b] *Universidad Central de Ecuador, Facultad de Ciencias Médicas, Quito, Ecuador*
[c] *Comité de Expertos de Medicina Crítica en la Altitud de la Federación Panamericana e Ibérica de Medicina Crítica y Terapia Intensiva (FEPIMCTI), Ciudad de Panamá, Panamá*
[d] *Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte, Universidad de Zaragoza, Huesca, España*

* Autor para correspondencia.
Correo electrónico: mlavellanas@gmail.com
(M.L. Avellanas-Chavala).